

# EEL 7100- Operação de Sistemas de Energia Elétrica

## Exercício Computacional No. 1

Realizar a análise do despacho ótimo de unidades térmicas considerando as perdas de transmissão para um sistema de potência dado. Para isto, é disponibilizado um *script* implementado em Matlab baseado no algoritmo do método da Secante, visto em aula. As instruções de execução do *script* são apresentadas no Anexo II.

A partir desta ferramenta computacional, realize a simulação do sistema teste de 6 unidades geradoras, cujos dados encontram-se no Anexo I, considerando uma carga de  $1000\text{ MW}$  (caso base). Após obter a convergência para o caso-base, re-execute o programa para os seguintes carregamentos do sistema:

$700\text{ MW}$ ,  $900\text{ MW}$ ,  $1250\text{ MW}$ ,  $1325\text{ MW}$

Analise cada um dos resultados de acordo com a modelagem do problema de otimização de Despacho Econômico de unidades térmicas e com as condições teóricas de otimalidade do problema, ressaltando:

- O despacho ótimo dos geradores do sistema, bem como seus custos incrementais, as perdas incrementais de transmissão e fatores de penalidade das unidades geradoras, assim como as perdas totais de transmissão e o multiplicador de Lagrange  $\lambda$  da restrição de balanço de potência;
- O custo total de produção correspondente ao despacho ótimo;
- O número total de iterações;
- Mediante o aplicativo computacional, determine a mínima e a máxima carga que podem ser atendidas pelo conjunto de unidades geradoras e comente os resultados obtidos face à capacidade de geração do sistema;
- Para cada um dos casos analisados, verifique explicitamente o cumprimento das condições de otimalidade do despacho econômico;
- Também verifique o desempenho computacional do algoritmo, analisando o processo de convergência do método da Secante face aos valores atribuídos às condições iniciais, como  $\lambda^0$  e  $\Delta\lambda$ .

# Anexo I

## SISTEMA-TESTE

- Dados das unidades geradoras:

|                   |                                       |                                   |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Unidade 1:</b> | $\underline{P}_1 = 100 \text{ MW}$    | $\overline{P}_1 = 500 \text{ MW}$ |
|                   | $F_1 = 240 + 7,0 P_1 + 0,0070 P_1^2$  |                                   |
| <b>Unidade 2:</b> | $\underline{P}_2 = 50 \text{ MW}$     | $\overline{P}_2 = 200 \text{ MW}$ |
|                   | $F_2 = 200 + 10,0 P_2 + 0,0095 P_2^2$ |                                   |
| <b>Unidade 3:</b> | $\underline{P}_3 = 80 \text{ MW}$     | $\overline{P}_3 = 300 \text{ MW}$ |
|                   | $F_3 = 220 + 8,5 P_3 + 0,0090 P_3^2$  |                                   |
| <b>Unidade 4:</b> | $\underline{P}_4 = 50 \text{ MW}$     | $\overline{P}_4 = 150 \text{ MW}$ |
|                   | $F_4 = 200 + 11,0 P_4 + 0,0090 P_4^2$ |                                   |
| <b>Unidade 5:</b> | $\underline{P}_5 = 50 \text{ MW}$     | $\overline{P}_5 = 200 \text{ MW}$ |
|                   | $F_5 = 220 + 10,5 P_5 + 0,0080 P_5^2$ |                                   |
| <b>Unidade 6:</b> | $\underline{P}_6 = 50 \text{ MW}$     | $\overline{P}_6 = 120 \text{ MW}$ |
|                   | $F_6 = 190 + 12,0 P_6 + 0,0075 P_6^2$ |                                   |

- Coeficientes da Fórmula Geral das Perdas:

$$P_{perdas} = b_0 + b^T P + P^T B P$$

$$b_0 = 0,56$$

$$\mathbf{b} = [ -0,0002 \quad -0,0008 \quad 0,0067 \quad 0,0001 \quad 0,0000 \quad -0,0012 ]^T$$

$$\mathbf{B} = 1 \times 10^{-2} \begin{bmatrix} 0,0014 & 0,0015 & 0,0009 & -0,0001 & -0,0004 & -0,0002 \\ 0,0015 & 0,0043 & 0,0050 & 0,0001 & -0,0008 & -0,0003 \\ 0,0009 & 0,0050 & 0,0315 & 0,0000 & -0,0020 & -0,0016 \\ -0,0001 & 0,0001 & 0,0000 & 0,0029 & -0,0006 & -0,0009 \\ -0,0004 & -0,0008 & -0,0020 & -0,0006 & 0,0085 & -0,0001 \\ -0,0002 & -0,0003 & -0,0016 & -0,0009 & -0,0001 & 0,0176 \end{bmatrix}$$

Instruções de Execução do *script* em Matlab

1. No arquivo “ExC\_WW.m” devem ser inseridos todos os dados do problema:
  - Dados dos geradores: a matriz “Ger” possui os dados de todas as unidades térmicas do sistema. Cada linha da matriz representa uma unidade geradora, sendo que as colunas devem conter os dados na seguinte ordem especificada: *coeficiente constante da função custo, coeficiente do termo linear da função custo, coeficiente do termo quadrático da função custo, potência mínima e potência máxima*;
  - Os dados “b0”, “b” e “B” correspondem aos coeficientes da Fórmula Geral das Perdas (não consideradas para este problema);
  - Carga do sistema adicionada em “PL”;
  - Valores iniciais para potências geradas: cada gerador deve possuir um valor de potência gerada inicial, correspondente ao valor mediano da sua capacidade de geração;
  - Valores iniciais para  $\lambda$ : o *script* é executado com um valor inicial de  $\lambda$  por vez. Tal valor é locado em “lambda0”. Para este problema, recomenda-se a inicialização com  $\lambda^0 = 17$ ;
  - Em “dlambda” deve ser inserida a fração para o cálculo do segundo valor de  $\lambda$ . Recomenda-se  $\Delta\lambda = 0,1$ ;
  - A tolerância do processo iterativo pode ser modificado em “tol”;
  - Após da introdução de todos os dados, o arquivo deve ser salvo.
2. Em *Command Window* do Matlab, execute o programa “met\_secante\_pe” e insira o arquivo de dados.